

REKAYASA PERLINTASAN SUNGAI BRINGIN DAN JALAN TOL SEMARANG-BATANG

Suseno Darsono*, Ratih Pujiastuti, Lilis Suryani, dan Susilowati

Pusat Studi Bencana LPPM Universitas Diponegoro

*E-mail: sdarsono@hotmail.com

Intisari

Trase jalan tol Semarang-Batang pada Sta 444+881 melintasi Sungai Bringin yang beralur meander sepanjang 667,45 m. Untuk melintasi Sungai Bringin, ada 3(tiga) alternatif perlintasan jalan tol yang diusulkan dalam studi ini. Alternatif perlintasan ke I adalah menggunakan jalan layang, ke II pemindahan alur sungai, dan yang ke III adalah kombinasi antara jembatan layang dan pembangunan embung. Sungai Bringin adalah sungai yang dapat dikategorikan sebagai sungai yang garang, karena itu masing-masing alternatif tersebut perlu dikaji pengaruhnya pada morfologi sungai, dan lingkungan daerah hilirnya. Analisis yang dilakukan dalam studi ini antara lain analisis hidrologi untuk memprediksi debit banjir, analisis hidrolika untuk melihat pengaruh aliran banjir dan analisis multi kriteria untuk memilih alternatif yang terbaik berdasarkan beberapa kriteria. Analisis hidrologi menggunakan HEC-HMS untuk menganalisis volume kolam embung, lebar bangunan pelimpah, tinggi muka air banjir dan elevasi puncak bendungan. Analisis hidrolika dilakukan dengan HEC-RAS untuk mengkaji tinggi muka air dan kecepatan aliran. Pemilihan alternatif dalam pengambilan keputusan dilakukan dengan kajian analisis multikriteria “*Weighted Average*” yang paling sederhana agar analisisnya mudah diikuti oleh pihak-pihak yang berwenang mengambil keputusan. Penelitian ini bermanfaat untuk menentukan alternatif yang terbaik berdasarkan aspek hidrologi, hidrolika, morfologi sungai, waktu dan biaya pelaksanaan.

Kata Kunci: Embung, Perlintasan sungai, Pengendalian Daya Rusak Air.

LATAR BELAKANG

Trase jalan tol Semarang-Batang pada Sta 444+881 melintasi sungai Bringin di bagian tengah yang beralur meander sepanjang 667,45m. Penelitian ini merupakan pemilihan rekayasa perlintasan jalan tol Semarang-Batang dengan sungai Bringin yang semula beralur meander. Salah satu kriteria pemilihan yang paling utama adalah waktu pelaksanaan agar dapat mencapai target pembangunan sebelum hari raya Iedul Fitri tahun 2017 jalan tol Semarang-Batang harus sudah fungsional.

Sungai Bringin dapat dikategorikan sungai yang garang dan penyebab banjir di wilayahnya. Saat ini sedang dilakukan kajian pengendalian banjir dengan perbaikan sungai bagian hilir dan pembangunan embung-embung di bagian hulu untuk mengurangi puncak banjir. Hal ini dilakukan karena keterbatasan lahan dibagian hilir untuk dapat memperbesar palung sungai.

Alternatif rekayasa perlintasan sungai perlu dipilih dengan metode multikriteria yang paling sederhana. Kajian terhadap pemilihan usulan rekayasa sungai Bringin berdasarkan aspek hidrologi, hidraulika, ekonomi dan pengaruh terhadap lingkungan.

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka tujuan dari studi atau kajian ini adalah seperti berikut;

1. Menentukan alternatif perlintasan jalan tol dengan Sungai Beringin.
2. Menganalisis debit banjir pada lokasi perlintasan jalan tol dengan Sungai Bringin.
3. Menganalisis muka air aliran banjir dengan model hidrolika.
4. Menentukan kriteria-kriteria guna menentukan alternatif yang paling unggul.
5. Melakukan pemilihan alternatif yang paling unggul dengan teknik analisis multikriteria.

METODOLOGI STUDI

Kajian pemilihan alternatif perlintasan Sungai Bringin dengan jalan tol Semarang-Batang ini dilakukan dengan metodologi seperti berikut:

1. Pengumpulan data sekunder
Data yang diperlukan dalam kajian ini antara lain :
 - a) Data curah hujan.
 - b) Peta tata guna lahan dan jenis tanah
 - c) Data historis pasang surut
 - d) Data penampang memanjang dan melintang Sungai Bringin
2. Analisis hidrologi
Model yang digunakan dalam analisis debit banjir adalah HEC-HMS. Model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*) adalah *software* yang dikembangkan oleh *U.S Army Corps of Engineering*, yang digunakan untuk analisis hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (*run off*) dari sebuah wilayah sungai (Sun, 2015). Konsep dasar perhitungan dari model HEC-HMS adalah data hujan sebagai input air untuk satu atau beberapa sub daerah tangkapan air (*sub basin*) yang sedang dianalisis. Jenis datanya berupa intensitas, volume, atau kumulatif volume hujan. Aliran permukaan adalah komponen yang keluar dari sub basin (Corps of Engineers, 2000). Dalam studi ini digunakan teori hidrograf satuan sintetik dari SCS (*soil conservation service*) (Corps of Engineers, 2000).
3. Analisis hidrolika
Sungai Bringin pada studi ini dimodelkan dengan menggunakan HEC-RAS. HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*) adalah *software* yang dikembangkan oleh *U.S Army Corps of Engineering*. HEC-RAS didesain untuk melakukan perhitungan hidrolika satu dimensi untuk jaringan saluran secara keseluruhan baik yang alami maupun buatan (Corps of Engineers, 2010); (Brunner, 2016). HEC-RAS menghitung profil muka air

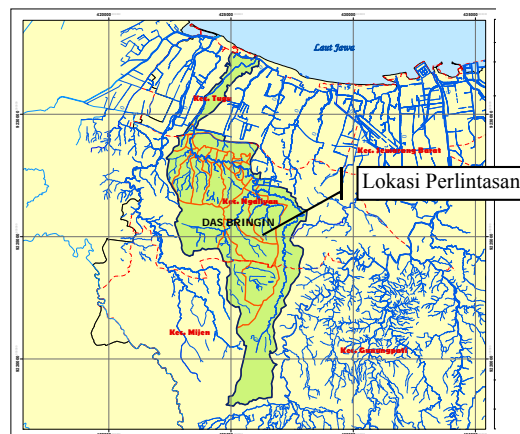
di sepanjang alur urut dari satu tampang lintang ke tampang lintang berikutnya. Muka air dihitung dengan memakai persamaan energi yang diselesaikan dengan *standar step method*. Kehilangan (tinggi) energi, h_e , di antara dua tampang lintang terdiri dari dua komponen, yaitu kehilangan energi karena gesekan (*friction losses*) dan kehilangan energi karena perubahan tampang (*contraction or expansion losses*) (Bonner & Brunner, 1996).

4. Analisis multikriteria

Pemilihan alternatif dalam pengambilan keputusan dilakukan dengan kajian analisis multi kriteria. Teknik pembobotan dipilih sebagai model multi kriteria yang paling sederhana agar analisisnya mudah diikuti oleh pihak-pihak yang berwenang mengambil keputusan (Clemen, 1996); (Feng & Keller, 2006); (Feng et al., 2008)

HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

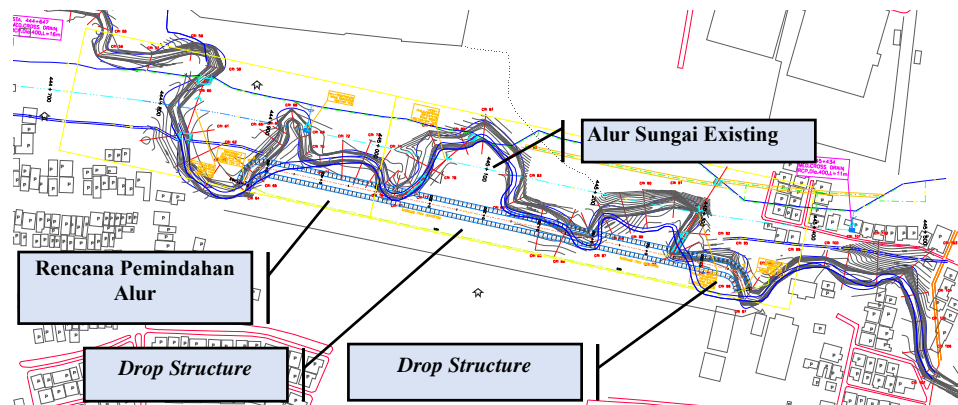
Lokasi rencana Jalan Tol Semarang-Batang Sta 444 + 831 secara administrasi terletak di Dusun Beringin, Kelurahan Beringin, Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang seperti pada Gambar 1. Lokasi tersebut pada sisi utara berbatasan dengan kawasan industri Tambakaji, sisi selatan dan barat berbatasan dengan pemukiman dan sisi timur berbatasan dengan ladang. Sungai Bringin tempat relokasi ini beralur meander terdiri atas lengkungan sungai yang membentuk huruf S. Arah aliran dari timur ke barat dengan kedalaman sungai 3 - 4 m dan lebar sungai 6 - 8 m.



Gambar 1. Lokasi Perlintasan Jalan Tol Semarang Batang dengan Sungai Bringin

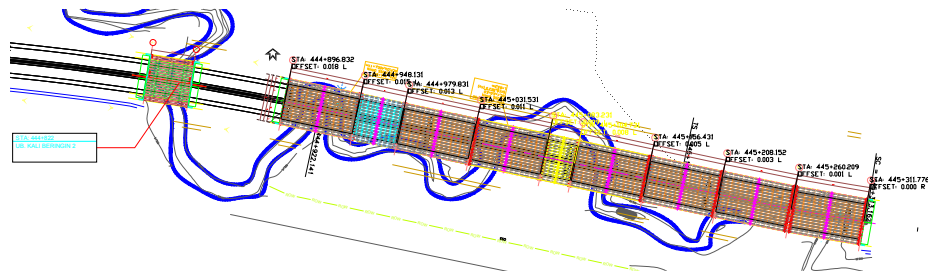
Kajian alternatif perlintasan jalan tol dengan Sungai Bringin dilakukan terhadap 3 (tiga) alternatif rekayasa perlintasan sungai, yaitu :

- 1) Pemindahan alur sungai disertai dengan pembangunan bangunan terjun (*drop structure*) untuk mempertahankan kemiringan alur sungai. Pemindahan alur Sungai Bringin dilakukan melalui penampang tunggal berbentuk trapesium sepanjang 477m di sisi kanan sungai eksisting, dilengkapi dengan dua buah bangunan *drop structure* dengan tinggi masing-masing 0,8m seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Alternatif Pertama : Pemindahan Alur

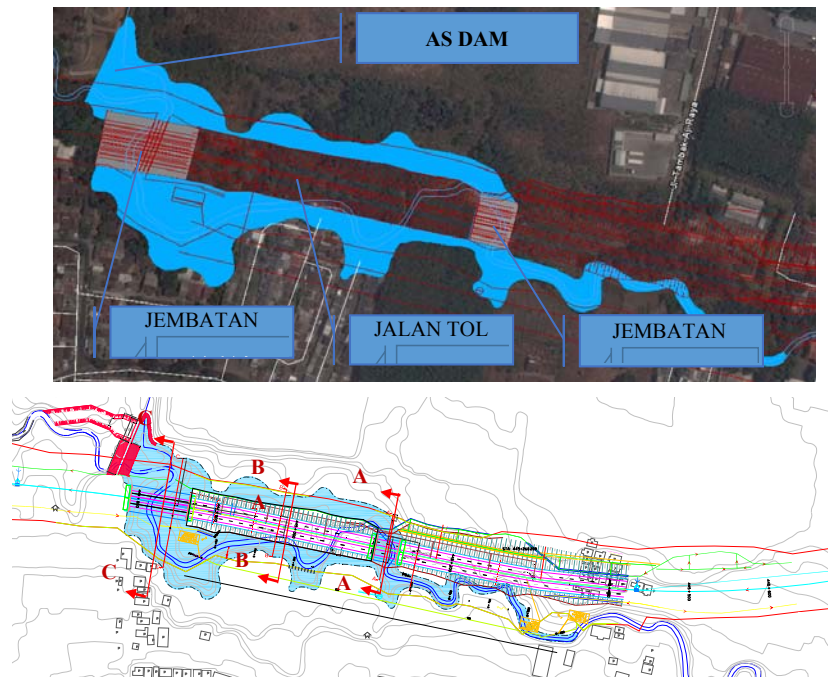
- 2) Mempertahankan alur dengan membuat jalan layang diatas sungai
Alternatif ini diharapkan dapat mengurangi pengaruh pembangunan jalan tol terhadap Sungai Bringin. Terdapat 10 (sepuluh) buah pilar jembatan yang melintas pada trase tersebut, akan tetapi tidak semuanya jembatan tersebut melintas di atas Sungai Bringin. Jembatan yang pilarnya berada pada palung sungai ada 3 (tiga) buah.



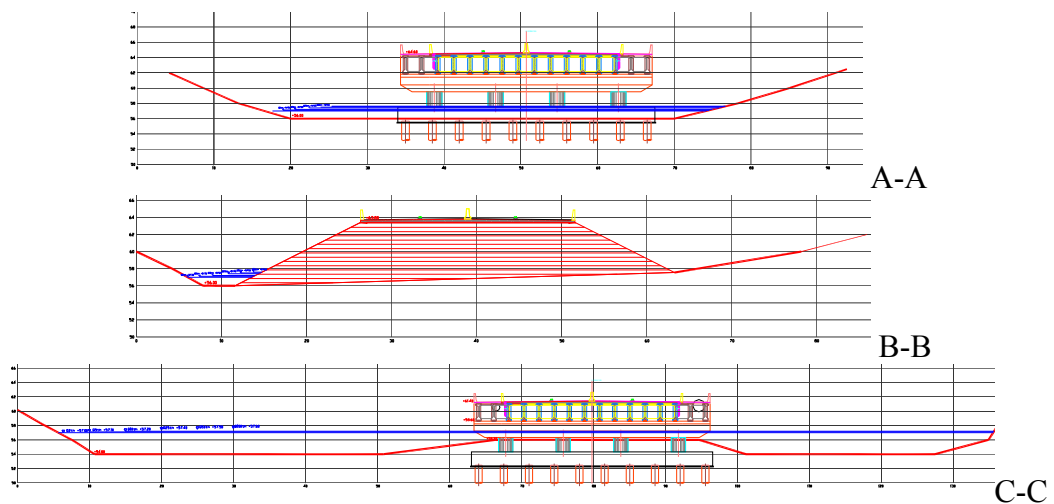
Gambar 3. Alternatif Kedua: Jalan Layang

- 3) Gabungan jalan layang, jalan timbunan dan embung sebagai pengatur banjir.
Embung ini direncanakan terlntasi oleh jalan tol pada dua bagian antara lain hulu dan hilir embung. Pada bagian tengah, jalan tol direncanakan dengan konstruksi urugan tanah. Sedangkan pada daerah perlintasan embung direncanakan dengan jembatan sepanjang 77.2 m di bagian hilir dan 31.80 m di bagian hulunya seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Data utama yang digunakan dalam kajian ini adalah data hujan harian antara lain dari Stasiun Mangkang Waduk (41c), Stasiun Simongan (42) dan Stasiun Sigotek/Gunungpati (65 c). Data hujan harian ini kemudian diolah menjadi curah hujan maksimum harian rata-rata daerah dengan metode *polygon thiessen*. Selanjutnya, curah hujan maksimum harian rata-rata daerah dianalisis menjadi curah hujan rencana dengan menggunakan program Aprob (Istiarto, 2014).



Gambar 4. Alternatif Ketiga: Gabungan Jalan Layang, Jalan Timbunan dan Embung



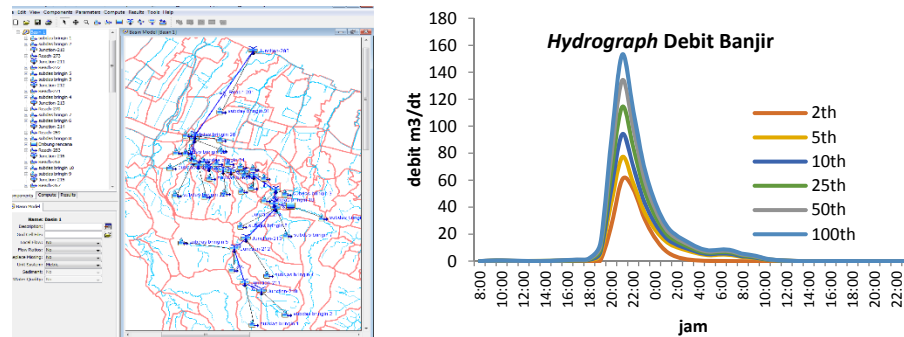
Gambar 5. Detail Potongan

Tabel 1. Curah Hujan Rencana (mm) DAS Bringin

Kala Ulang						
2 th	5 th	10 th	20 th	25th	50 th	100 th
64	90	107	124	128	145	161

Curah hujan rencana (Tabel 1.) tersebut digunakan sebagai input dalam analisis debit banjir dengan HEC-HMS. Model banjir dianalisis untuk keseluruhan DAS Bringin. Basin model pada HEC-HMS dan *hydrograph* debit banjir output model

HEC-HMS ditampilkan pada Gambar 6. Basin Model HEC-HMS (Kanan), *Hydrograph* Debit Banjir di Lokasi Perlintasan (Kiri)

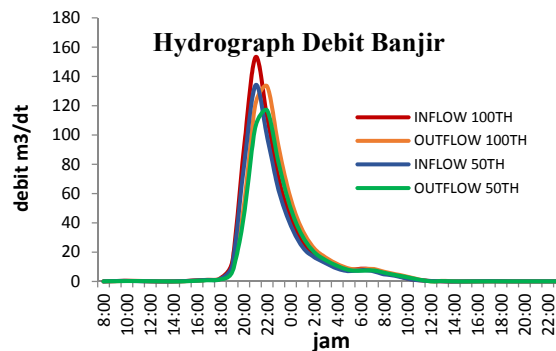


Gambar 6. Basin Model HEC-HMS (Kanan), *Hydrograph* Debit Banjir di Lokasi Perlintasan (Kiri)

Tabel 2. Debit Banjir Rencana (m³/dt) DAS Bringin

Kala Ulang	Lokasi Perlintasan	Muara Sungai
2th	60.50	0
5th	77.10	163.40
10th	94.00	199.00
25th	114.30	242.20
50th	134.00	284.20
100th	153.10	325.00

Selain analisis model HEC-HMS untuk kondisi existing, dilakukan pula analisis hidrologi untuk kondisi setelah dilakukan pembangunan embung rencana di lokasi rencana trase jalan tol Semarang-Batang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui debit banjir di hilir setelah pembangunan embung. Dari hasil analisis diketahui bahwa embung rencana tersebut dapat mereduksi banjir sebesar 19.9 m³/dt (debit kala ulang 100th). Debit banjir sebelum dan sesudah dibangun embung pada berbagai kala ulang ditampilkan pada **Gambar 7** dan **Tabel 3**.

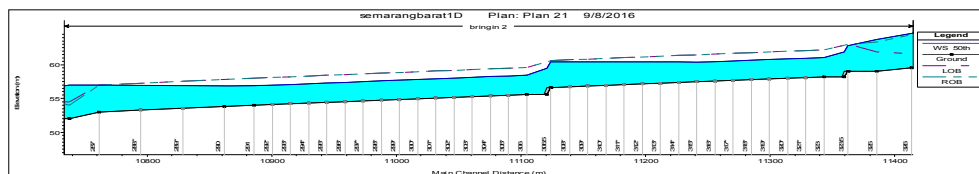


Gambar 7. *Hydrograph* Debit Banjir di Lokasi Perlintasan Sebelum dan Sesudah dibangun Embung

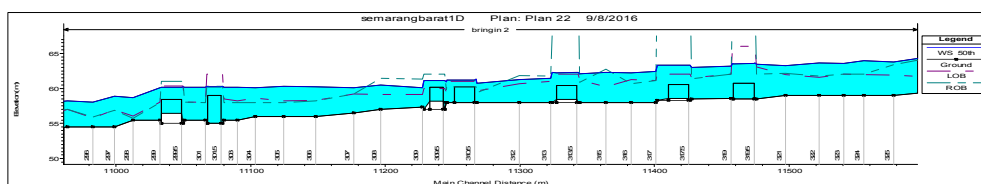
Tabel 3. Debit Banjir Rencana di Lokasi Perlintasan Sebelum dan Sesudah dibangun Embung

Kala Ulang	Debit Banjir	
	Sebelum dibangun	Setelah dibangun
2th	60.50	57.10
5th	77.10	67.70
10th	94.00	82.30
25th	114.30	99.80
50th	134.00	116.80
100th	153.10	133.20

Debit banjir dari hasil model HEC-HMS merupakan salah satu input data *boundary condition* (kondisi batas) dalam model HEC-RAS. Kondisi batas hilir sungai digunakan data pasang tertinggi pada bulan Mei 2016 yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Semarang. Data geometri sungai sangat penting untuk input model HEC-RAS. Data ini diperoleh dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh BBWS Pemali Juana mulai dari muara Sungai Bringin sampai dengan lokasi perlintasan jalan tol. Running model HEC-RAS dilakukan untuk kondisi eksisting dan ketiga alternatif diatas. Hal ini bertujuan untuk mengetahui profil muka air serta kecepatan aliran pada masing-masing alternatif. Sebagai pembanding, untuk mengetahui pengaruh banjir di hilir, dilakukan kroscek pada cross sungai di hulu jembatan Jalan Raya Siliwangi. Adapun ringkasan hasil analisis model HEC-RAS ditampilkan pada Gambar 8, Gambar 9 dan Tabel 4.



Gambar 8. Hasil Running Model HEC-RAS Alternatif I : Pindahkan Alur



Gambar 9. Hasil Running Model HEC-RAS Alternatif II : Jalan Layang

Tabel 4. Ringkasan Hasil Analisis Hidrologi dan Hidrolika

	Existing	Alternatif 1 Pemindahan Alur	Alternatif 2 Jalan Layang	Alternatif 3 Kombinasi Embung, Jalan Layang
Debit (50th)	134 m ³ /dt	134 m ³ /dt	134 m ³ /dt	116.80 m ³ /dt
Panjang sungai (hulu-hilir rencana shortcut)	667.45 m	477 m	667.45 m	-
Kemiringan (hulu-hilir rencana pemindahan alur)	0.0072	0.0072	0.0076	-
Kecepatan di hilir rencana pemindahan alur	3.99 m/dt	3.35 m/dt	3.99 m/dt	-
Elevasi muka air di cross hulu jembatan jalan raya Siliwangi	7.68 m	7.68m	7.68 m	7.64 m

Setelah dilakukan analisis hidrologi dan hidrolika, dilakukan pemilihan atau penyusunan ranking dari masing-masing alternatif dengan cara multikriteria analisis. Berikut ini adalah kriteria yang digunakan dalam analisis pemilihan alternatif.

Tabel 5. Kriteria Pemilihan Alternatif Beserta Nilainya

KRITERIA	NILAI	KETERANGAN	KRITERIA	NILAI	KETERANGAN
Waktu pelaksanaan	1	Sangat lama	Pengaruh banjir di hilir	1	Sangat kecil
	2	Lama		2	Kecil
	3	Sedang		3	Sedang
	4	Cepat		4	Besar
	5	Sangat cepat		5	Sangat besar
Biaya pelaksanaan	1	Sangat mahal	Pengaruh pada morfologi sungai	1	Sangat berpengaruh
	2	Mahal		2	Berpengaruh
	3	Sedang		3	Sedang
	4	Murah		4	Kurang berpengaruh
	5	Sangat murah		5	Tidak berpengaruh

Selain dilakukan penilaian terhadap masing-masing kriteria, dianalisis pula bobot dari masing-masing kriteria tersebut. Hal ini diperlukan untuk menentukan kriteria mana saja yang lebih penting. Skor dari masing-masing alternatif merupakan jumlah dari nilai dikalikan dengan bobot untuk semua kriteria diatas. Adapun hasil matriks analisis pemilihan alternatif ditampilkan pada

Tabel 6.

Tabel 6. Matriks Analisis Pemilihan Kriteria

No	Kriteria	Bobot	Nilai					
			Alternatif 1 (pemindahan alur)		Alternatif 2 (jalan layang)		Alternatif 3 (kombinasi embung, jalan layang)	
			Nilai	Bobot * nilai	Nilai	Bobot * nilai	Nilai	Bobot * nilai
1	waktu pelaksanaan	3	4	12	2	6	4	12
2	biaya pelaksanaan	3	3	9	1	3	3	9
3	pengaruh banjir di hilir	3	3	9	3	9	5	15
4	pengaruh pada morfologi sungai	3	1	3	4	12	4	12
TOTAL BOBOT*NILAI				33		30		48

Dari matriks pada

Tabel 6 diketahui bahwa alternatif 3 (tiga) mendapatkan skor paling tinggi dibandingkan dengan yang lain. Hal ini dapat disimpulkan bahwa alternatif terpilih pada studi ini adalah alternatif 3 (tiga : kombinasi embung, jalan layang).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Kesimpulan dari kajian ini adalah :

1. Ada 3 (tiga) alternatif perlintasan jalan tol dengan Sungai Bringin, yaitu dengan pemindahan alur sungai, perlintasan jalan layang diatas alur sungai dan kombinasi embung dan jalan layang.
2. Debit banjir yang mengalir ke hilir lokasi perlintasan jalan tol dengan Sungai Bringin akan tetap sama besarnya dengan banjir pada kondisi saat ini, kecuali perlintasan alternatif ke III dapat meredam debit banjir sebesar $19,9 \text{ m}^3/\text{det}$.
3. Hasil analisis hidrolika menunjukkan aliran banjir pada alternatif ke III adalah yang paling rendah.
4. Waktu pelaksanaan yang paling singkat, biaya pelaksanaan yang paling kecil, redaman banjir ke hilir dan pengaruh terhadap morfologi sungai adalah kriteria-kriteria guna menentukan alternatif yang paling unggul.
5. Model pembobotan dan nilai adalah teknik multikriteria yang digunakan untuk pemilihan alternatif yang paling unggul. Alternatif ke III (kombinasi embung, jalan layang) terpilih sebagai alternatif perlintasan yang paling unggul.
Alternatif 1 dengan pemindahan alur sungai dan kombinasi 2 (dua) bangunan terjun, waktu pembangunan cepat akan tetapi pengaruh negatifnya merubah morfologi sungai yang dapat berpengaruh pada kondisi lingkungan, karena itu butuh pemodelan fisik yang memakan waktu lama.
Alternatif 2 dengan membangun jalan layang dibagian jalan yang melintasi dan diatas sungai tidak berpengaruh pada lingkungan, tetapi pembangunan jalan butuh waktu yang lama dengan biaya yang mahal.
Alternatif 3 dengan membangun embung sebagai bagian dari jalan tol Semarang-Batang dikombinasi dengan dua jembatan dan jalan timbunan dapat mereduksi debit banjir S. Bringin.

Rekomendasi

Pembangunan embung perlu kajian mendalam terhadap aliran di dalam genangan embung sehingga tidak menyebabkan gerusan terhadap timbunan jalan. Oleh karena itu perkuatan dengan geotekstil dan riprap perlu dilakukan. Model hidrolika 2 (dua) dimensi akan dapat melihat distribusi spasial kecepatan yang dapat digunakan untuk menganalisis erosi dari tubuh jalan yang terendam di dalam embung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terimakasih pada BBWS Pemali Juana, PT. Waskita Karya dan BPJT atas dukungan dan bantuan data sekunder guna menunjang terlaksananya kajian ini.

REFERENSI

- Bonner, V., and Brunner, G., 1996. *Bridge Hydraulic Analysis with HEC-RAS*. Washington DC: U.S. Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center.
- Brunner, G. W., 2016. *HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 5.0*. Washington DC.: U.S. Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center.
- Clemen, R., 1996. *Making Hard Decisions - An Introduction to Decision Analysis, 2nd ed.* Pacific Grove: Duxbury Press.
- Corps of Engineers, 2000. *Hydrologic Modelling System HEC-HMS Technical Reference Manual*. Washington DC: U.S. Army.
- Corps of Engineers, 2010. *Hydrologic Engineering Center's River Analysis System User's Manual*. Washington, DC: U.S. Army.
- Feng, T., and Keller, L., 2006. A Multiple-Objective Decision Analysis for Terrorism Protection: Potassium Iodide Distribution in Nuclear Incidents. *Decision Analysis* 3 (2): 76-93.
- Feng, T., Keller, L.R., Zheng, X., 2008. Modelling Multi-Objective Multi-Stakeholder Decisions: A Case-Exercise Approach. *INFORMS Transactions on Education* 8 (3): 103-114.
- Istiarto, 2014. Analisis Frekuensi Data Hidrologi (Aprob_4.1). Retrieved from http://istiarto.staff.ugm.ac.id/index.php/2014/12/analisis-frekuensi-data-hidrologi-aprob_4-1 [diakses 25 Agustus 2016]
- Sun, J., 2015. *Hydrologic and hydraulic model development for flood mitigation and routing method comparison in Soap Creek Watershed, a Thesis for The Master of Science Degree in Civil and Environmental Engineering*. Iowa: University of Iowa.